$\sqrt{s_{NN}}$=200GeV d+Au衝突実験におけるベクトル中間子観測

槌本 裕二

for the PHENIX collaboration

広島大 クォーク物理研究室

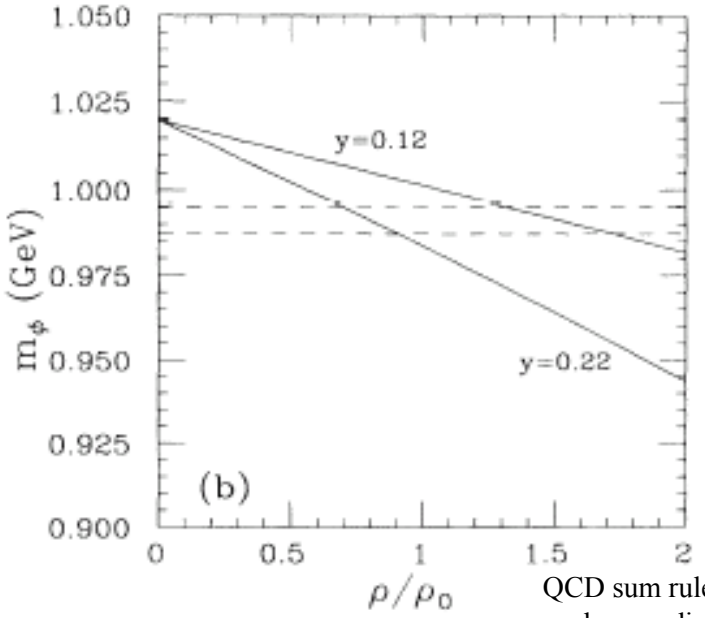
tsuchimoto@bnl.gov

この研究の動機

ハドロン中のQuarkの
有効質量
$m_u \sim m_d \sim 300\ MeV/c^2$
$m_s \sim 500\ MeV/c^2$

↓ 高温高密度状態
カイラル対称性の回復

真空中のQuark質量
$m_u \sim m_d \sim 5\ MeV/c^2$
$m_s \sim 100\ MeV/c^2$



T.Hatsuda and S.Lee
QCD sum rules for vector mesons in the nuclear medium (Phys.Rev.C46-1 1992)

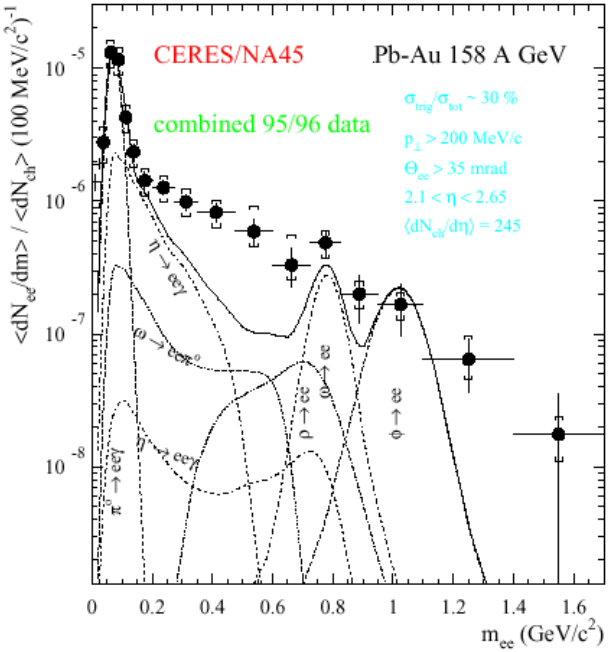
- 核子の質量の大部分は、カイラル対称性の破れにより生じる。
  - 高温高密度状態下では、カイラル対称性が回復する。
- ベクトル中間子の質量変化として観測できないか。
- 高エネルギー重イオン衝突において観測を試みる。

軽質量ベクトル中間子

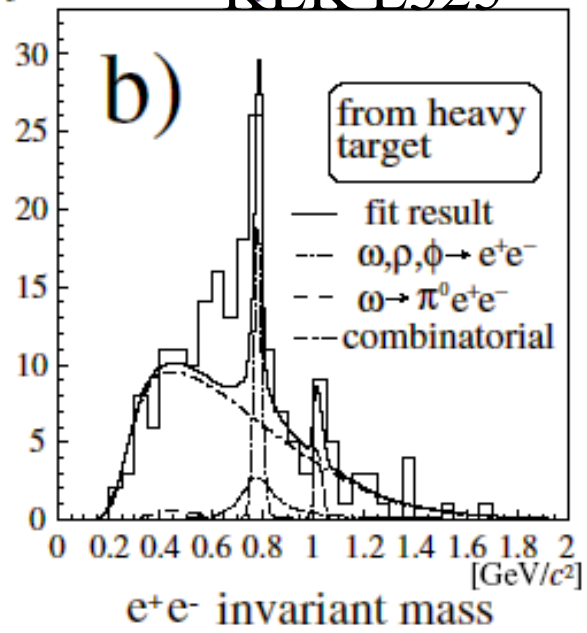
- $\omega \rightarrow ee/\pi\pi\pi$: 782 MeV/c^2, $\Gamma = 8.4$ MeV/c^2
- $\rho \rightarrow ee/\pi\pi$: 769 MeV/c^2, $\Gamma = 150$ MeV/c^2
  - 比較的大きな質量変化が期待される
- $\phi \rightarrow ee/KK$: 1019 MeV/c^2, $\Gamma = 4.2$ MeV/c^2
  - $\phi \rightarrow KK$のQ値が小さいため、比較的大きな崩壊比の変化を期待
- 比較的短寿命(RHICでの系の寿命~10fm/c)
- 電子対へと中間子対への崩壊比にも注目
- (d+Au衝突では、大きな変化はない?)

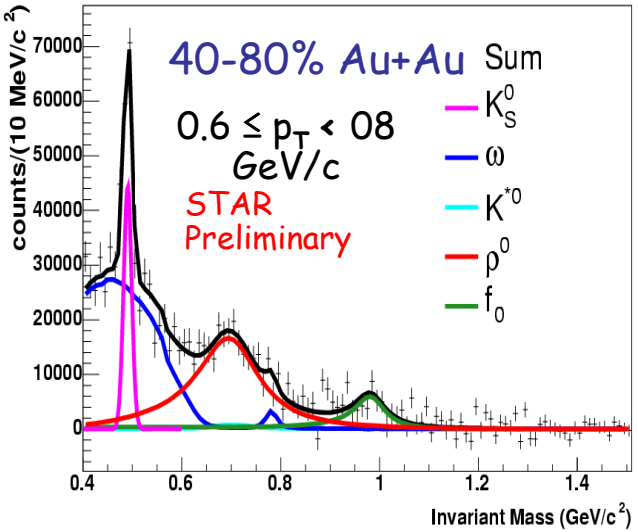
これまでの実験

- これまでの重イオン衝突実験で、e^+e^-の質量分布に変化が観測されている。
- STAR(RHIC)の観測も、中間子の質量変化を示唆。



KEK E325





G. Agakichiev et al.
Low-mass e^+e^- pair production in 158A GeV Pb-Au collisions at the CERN SPS, its dependence on multiplicity and transverse Momentum (Phys.Lett.B422:405-412,1998)

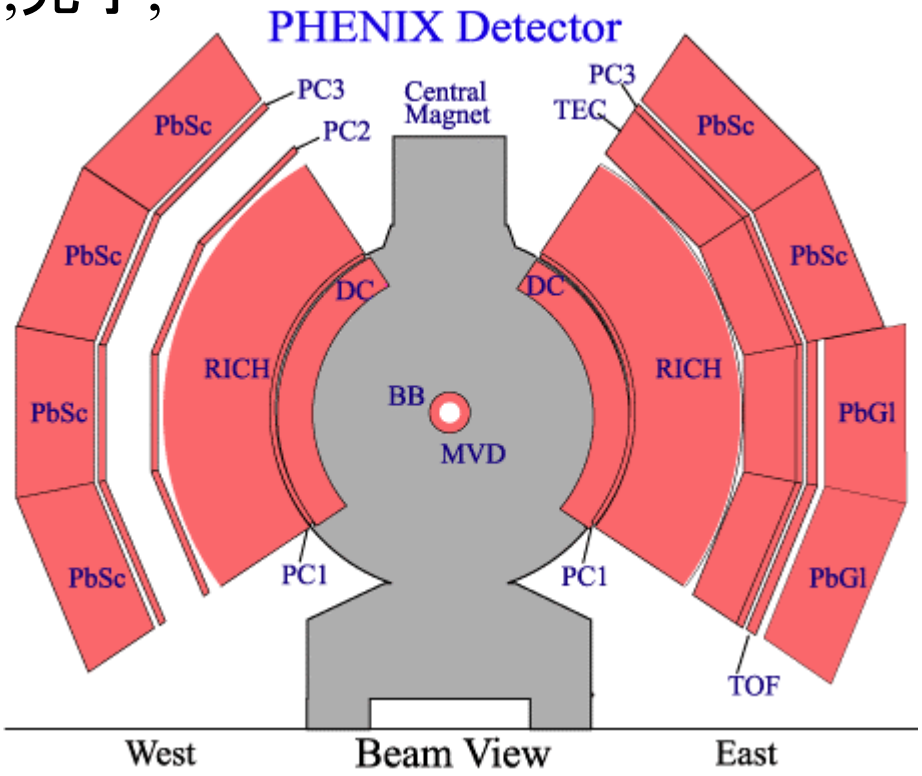
K.Ozawa et al.
Observation of ρ/ϖ Meson Modification in Nuclear Matter (Phys.Rev.Lett 86-22)

QuarkMatter2004 talk by P.Fachini

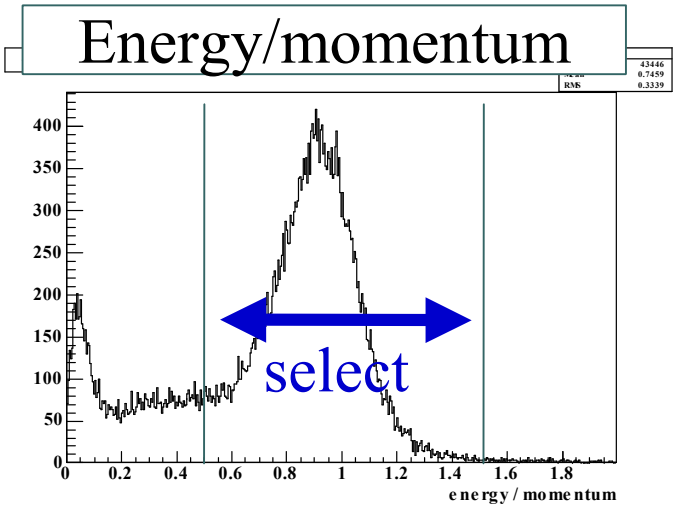
RHIC-PHENIX

- RHIC : p+p, d+Au, Au+Au $\sqrt{s_{NN}}$ = 200GeV (500GeV for p+p)

- PHENIX中央測定器では、電子,光子,陽子,中間子等を計測可能。
- $|\eta| < 0.35$ ($|\eta|<0.38$ for γ)
- BBC→トリガ/衝突係数/位置
- ドリフトチェンバ(DC)→p_T
- ガスチェレンコフ(RICH)
  →電子同定
- 電磁カロリメータ(PbSc/PbGl)
  →エネルギー/ ERT電子トリガ



電子の同定と、イベント選定



以下の条件で電子を同定

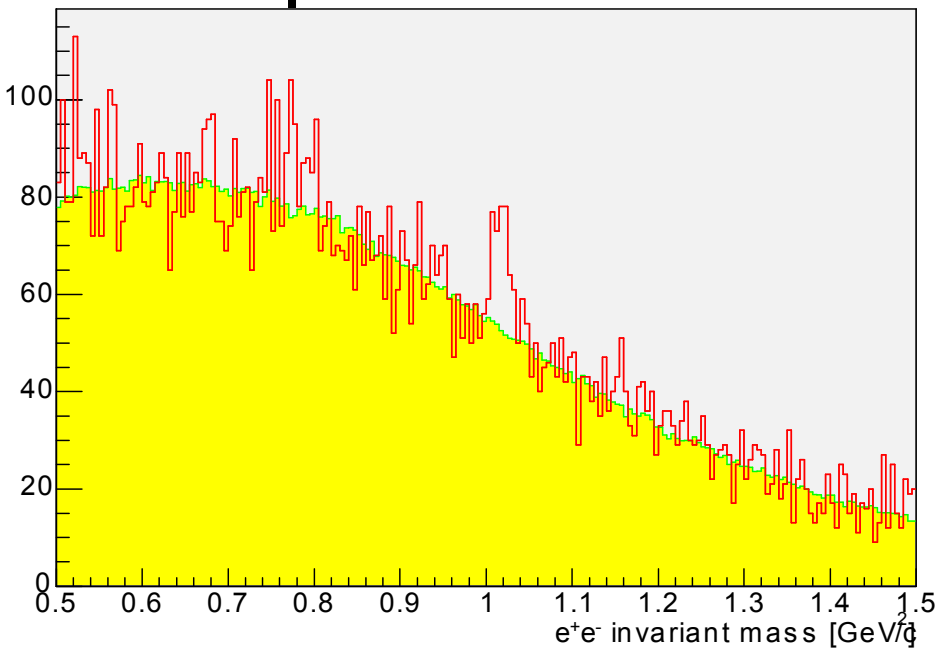
- 位置マッチング< 4σ

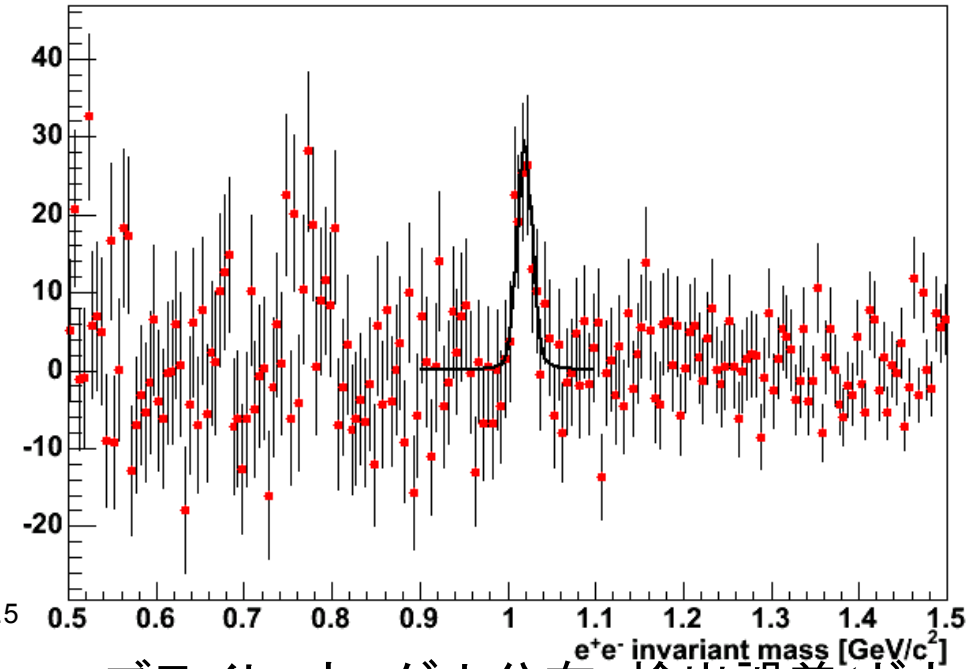
$$\text{Matching} = \sqrt{\delta\phi^2 + \delta z^2}$$

- 0.5 < E/p < 1.5
- nPMT in RICH >=2
- DCやRICH内部の偽飛跡のカット
- 光子コンバージョンからくる電子対をカット

- 約18Mイベント(ERT電子トリガ,Ee>600MeV).
  - |Vertex|<30cm
  - ~1G minimum bias (rawトリガ)
  - Run3の全統計(31M-ERT)の約半分

電子対不変質量分布

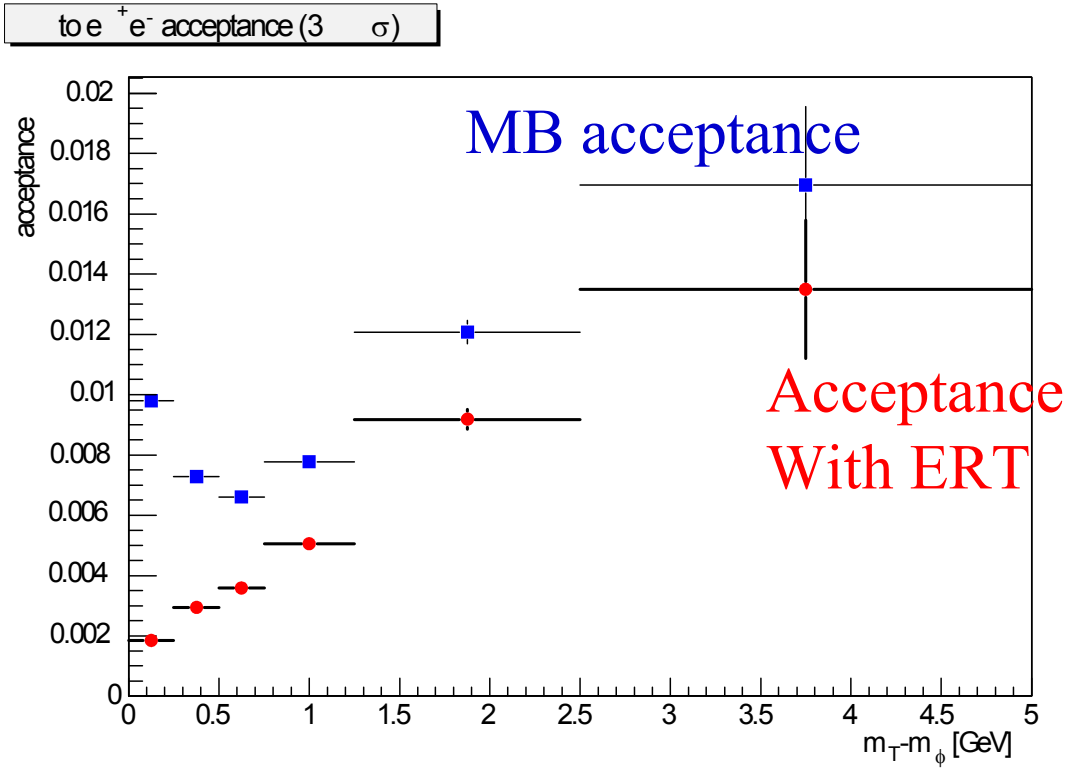




- イベントミキシング法でバックグラウンドを再現。
  - MinBias+ERTエミュレータ
- ブライト=ウィグナ分布+検出誤差(ガウス分布)でフィット
  - M=1.0177 ± 0.0023 GeV/c^2
  - Γ=4.46 MeV/c^2 (固定PDG値)
  - σ_{exp}=8.1 ± 2.1MeV/c^2
  - χ^2/DOF=13.6/13

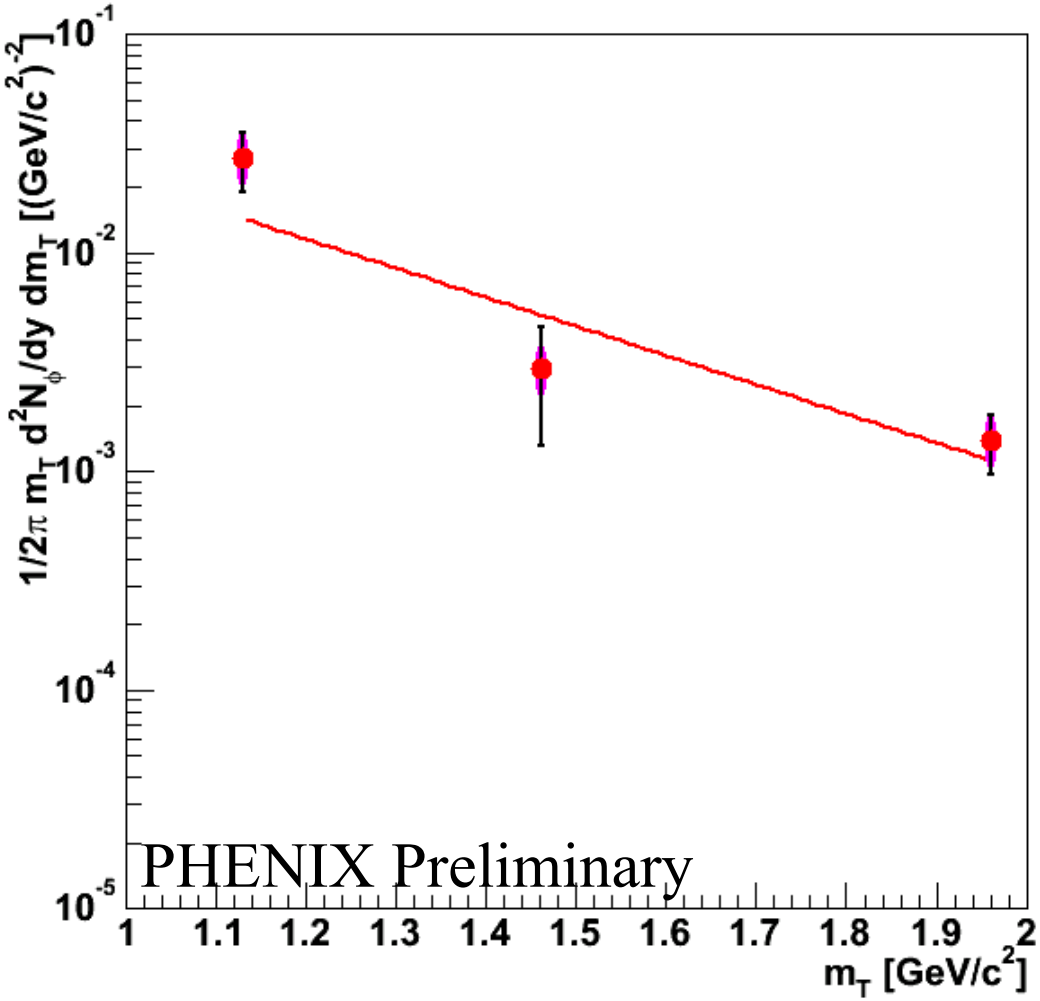
検出効率(Acceptance)

- ϕ 2M(傾き440MeV)をシミュレータ(GEANT3)に入射し、検出効率を算出。
- ERTトリガの効率は(LVMについては)それほど高くない。



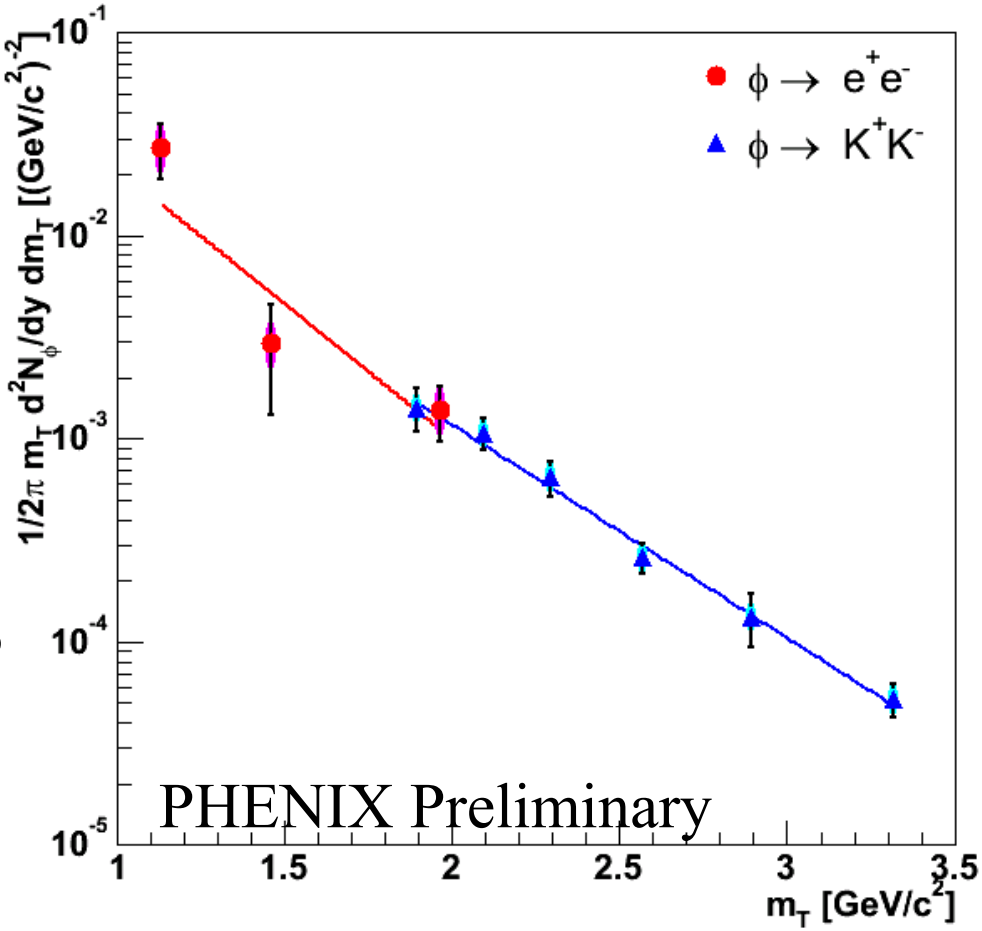
m_T (横エネルギー)分布

- dN/dy=.056 ±.015(stat) ±50%(syst)
- T=326 ±94(stat) ±53%(syst) MeV

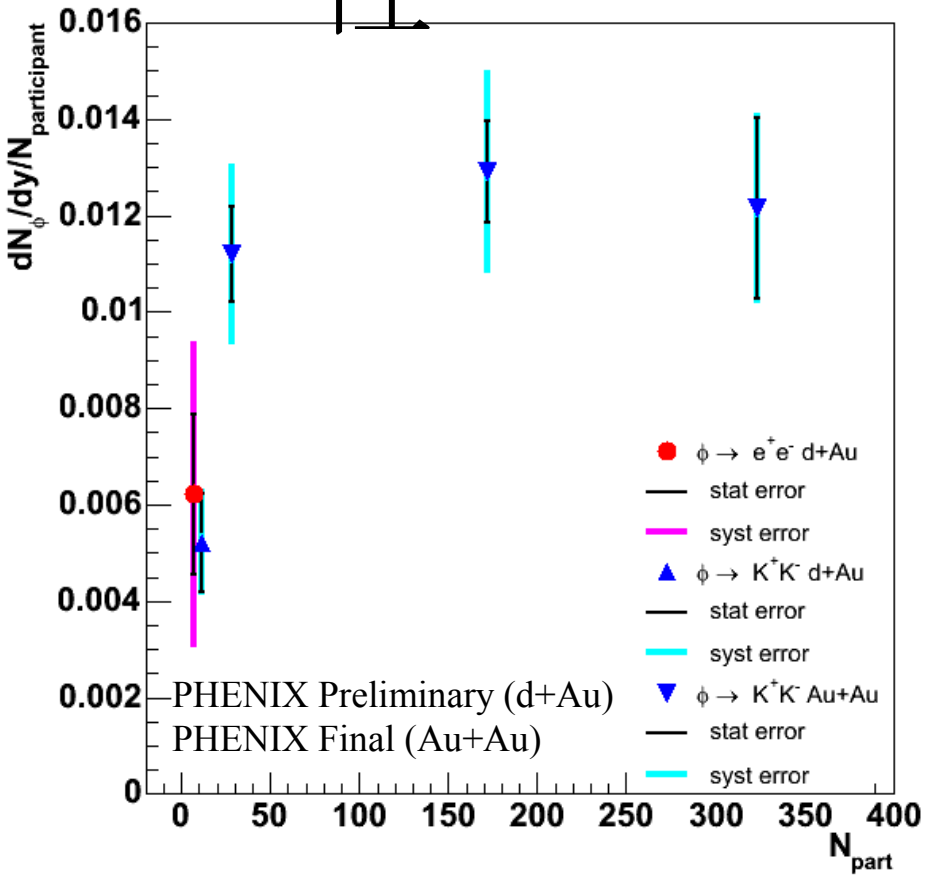


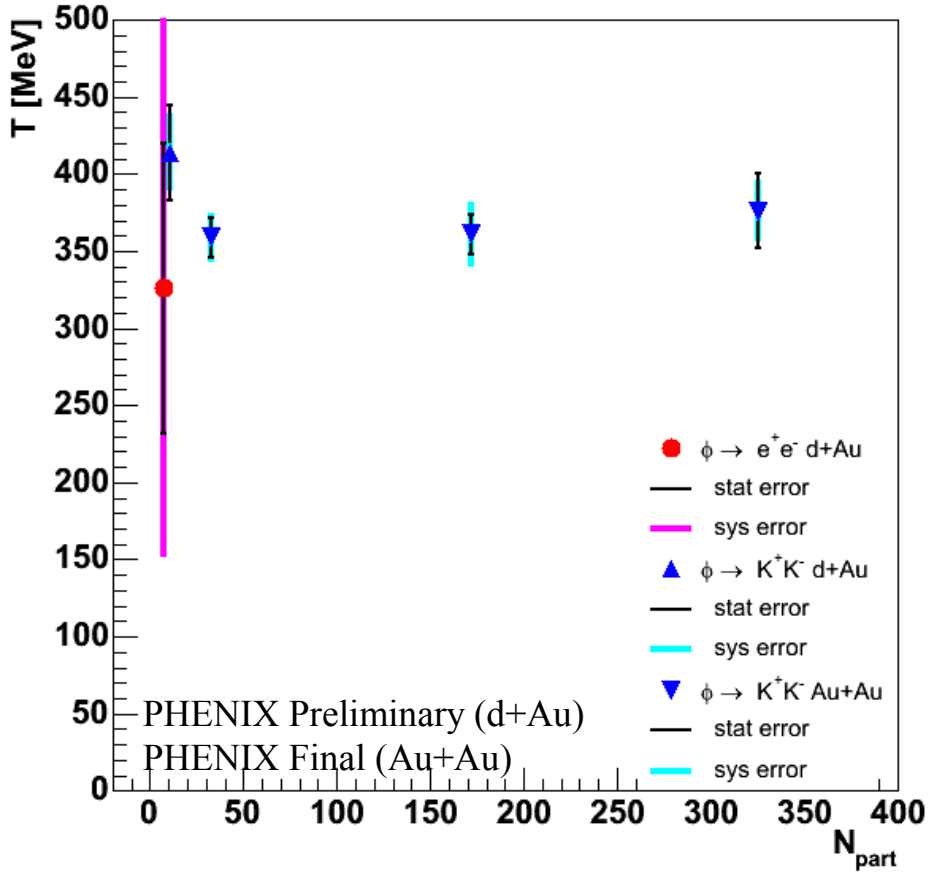
m_T 分布
K中間子モードとの比較

- エラーの範囲で一致
- 電子対モード
  - dN/dy=.056±.015(stat) ±50%(syst)
  - T=326±94(stat)±53%(syst) MeV
- K中間子モード
  - dN/dy = 0.0423±0.0063(stat) (+0.0076,-0.0073) (syst.)
  - T (MeV) = 429 ± 27 (stat) ± 35 (syst)



dN/dyと傾きの衝突係数依存性





- dN/dy$_{dAu\phi\rightarrow ee}$ =.056±.015(stat) ±50%(syst)
- d+AuとAu+Auで、約2倍の差

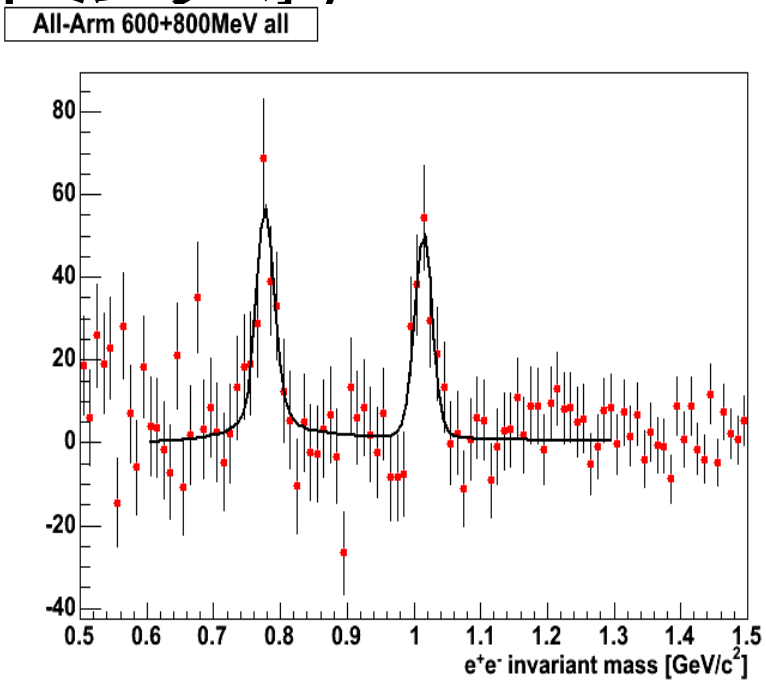
- T=326 ±94(stat) ±53%(syst) MeV
- エラーの範囲で一致

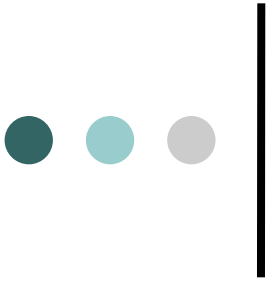
まとめ

- PHENIX中央測定器を用いて$\sqrt{s_{NN}}$ = 200GeVのd+Au衝突実験において、電子対モードで始めてφ中間子を計測し、
  - dN/dy=.056±.015(stat) ±50%(syst) and
  - T=326 ±94(stat) ±53%(syst) MeV
    を得た。
- これらの結果は、K中間子対モードによる計測と一致。
- 金+金衝突実験における観測に期待!

今後の研究計画

- 残り半分の統計を解析
  - より調整されたシミュレーション
- 電子同定の強化(EMCタイミング等)
- ω/ρの解析
- 金+金衝突実験の解析
  - 数千事象(~10σ)を期待
  - 陽子+陽子実験も

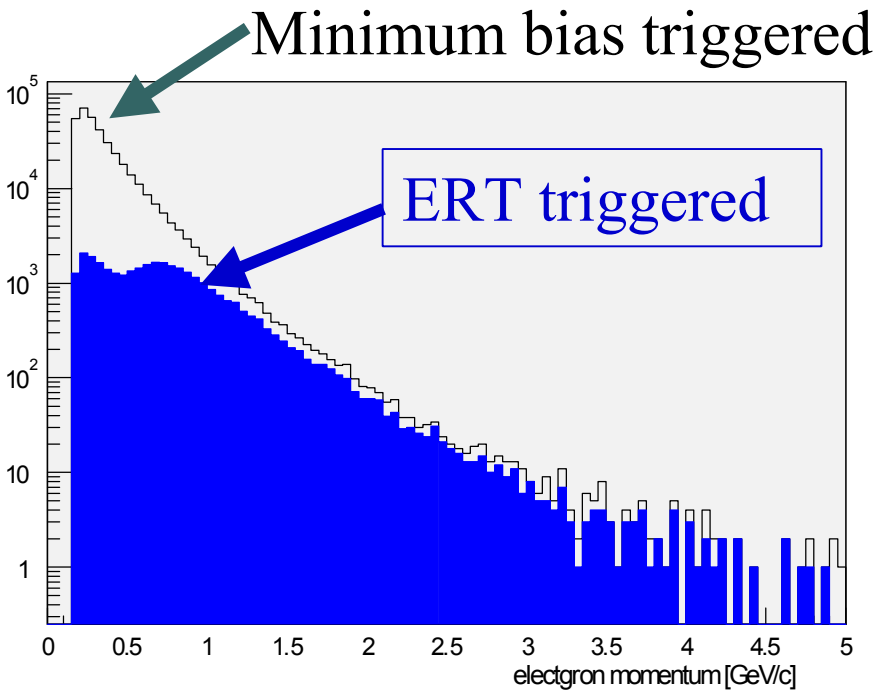




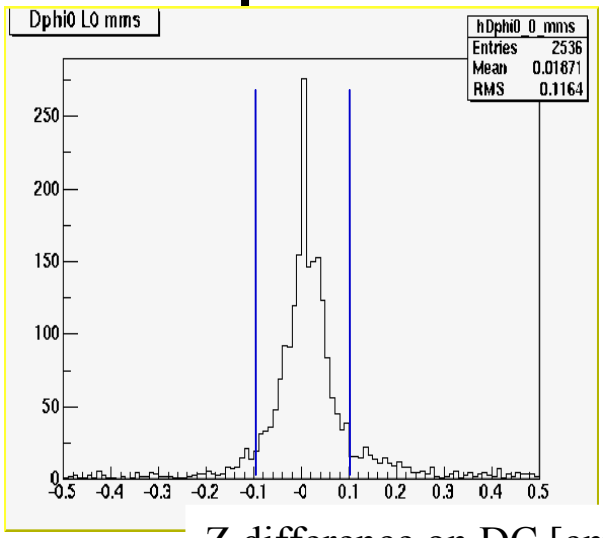
Backups

ERT electron trigger

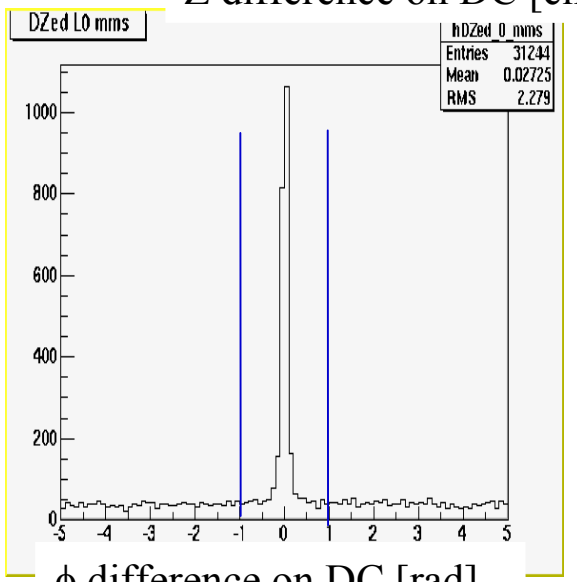
- Front-end electronics and data storage limit trigger and recording rate.
- Give priority for electron events to record.
  - ERT electron trigger by RICH & EMC online



Ghost track rejection



Z difference on DC [cm]

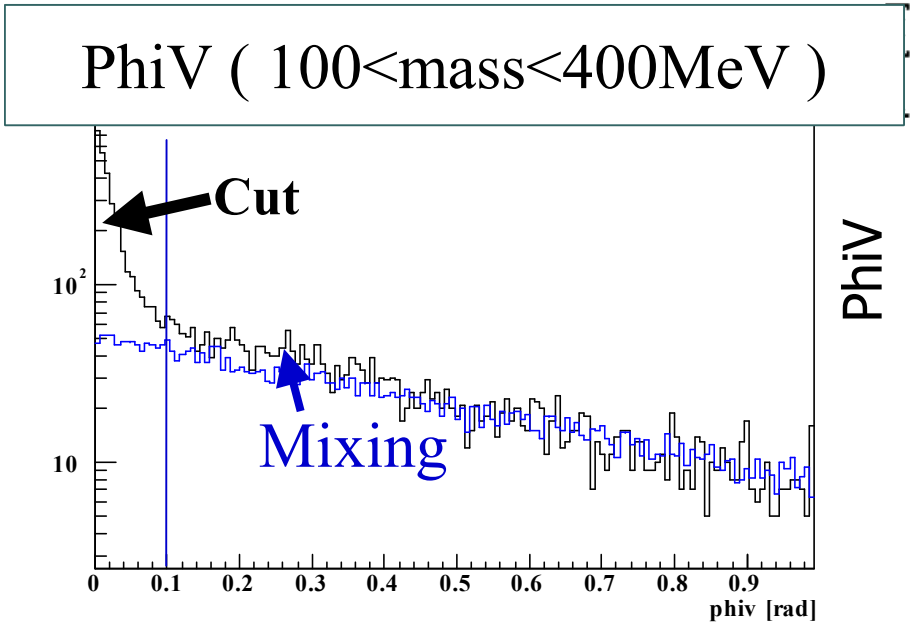


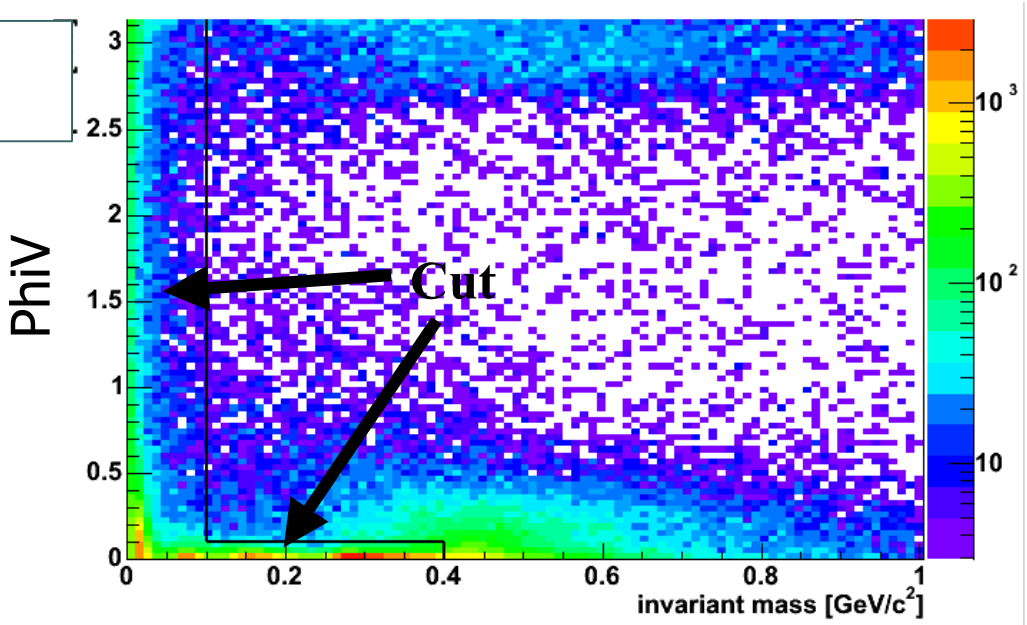
ϕ difference on DC [rad]

- Ghost tracks share a close hit position in the drift chamber. We rejected one of the tracks randomly if $\delta z<1$cm and $\delta\phi<0.1$ rad.
- We also cut ring shared tracks if $\delta z<10$cm and $\delta\phi<0.1$ rad in RICH. We choose better E/p track.

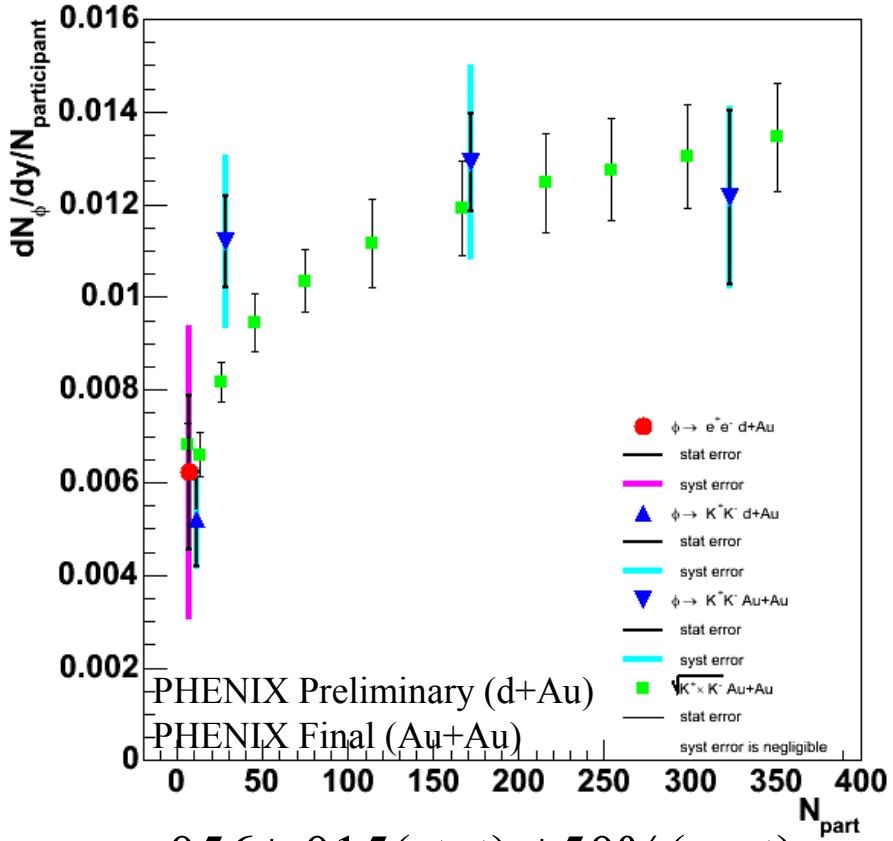
Conversion Rejection by invariant mass and PhiV

- e+e- pair from photon conversion has small phiv and small mass.we cut those pairs at low-background region
  - Kill all tracks if PhiV<0.1 for mass<400MeV
    - PhiV is angular orientation between pair tracks' surface and magnet field. Conversion pair has 0 PhiV in principle.
  - Kill all tracks if mass<100MeV





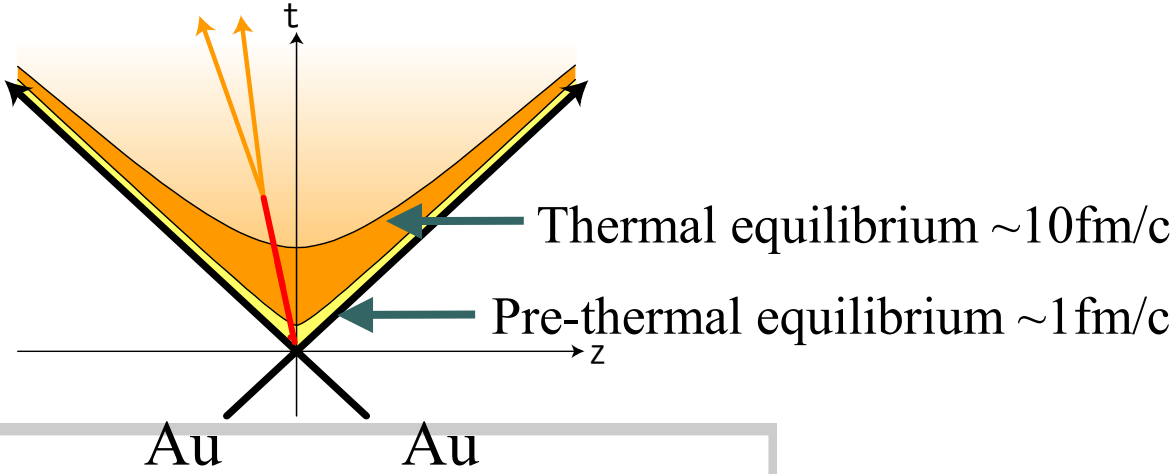
$dN/dy / N_{participant}$

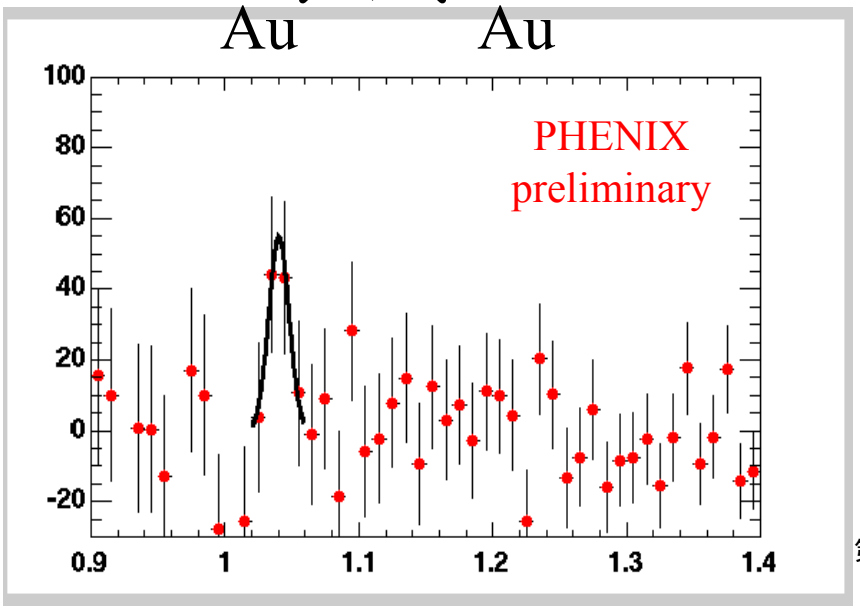


- $dN/dy_{dAu\phi\rightarrow ee} = .056 \pm .015(stat) \pm 50\%(syst)$
- ϕ increases from dAu to AuAu by factor ~2
  - this behavior is same as inclusive K yield at Au+Au

ϕ to e^+e^- at Au+Au (run2)

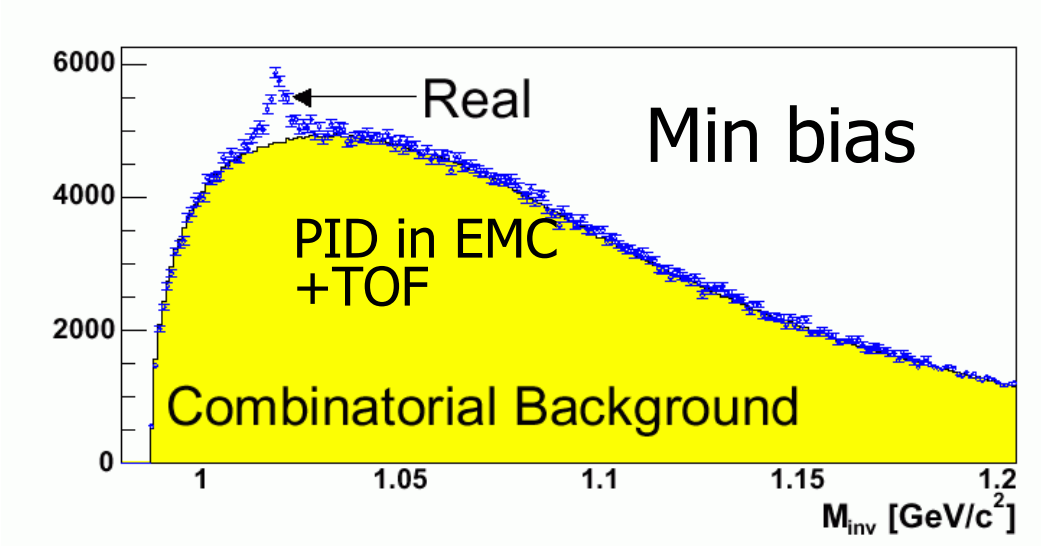
ϕmeson $s\bar{s}$ lifetime~44fm/c

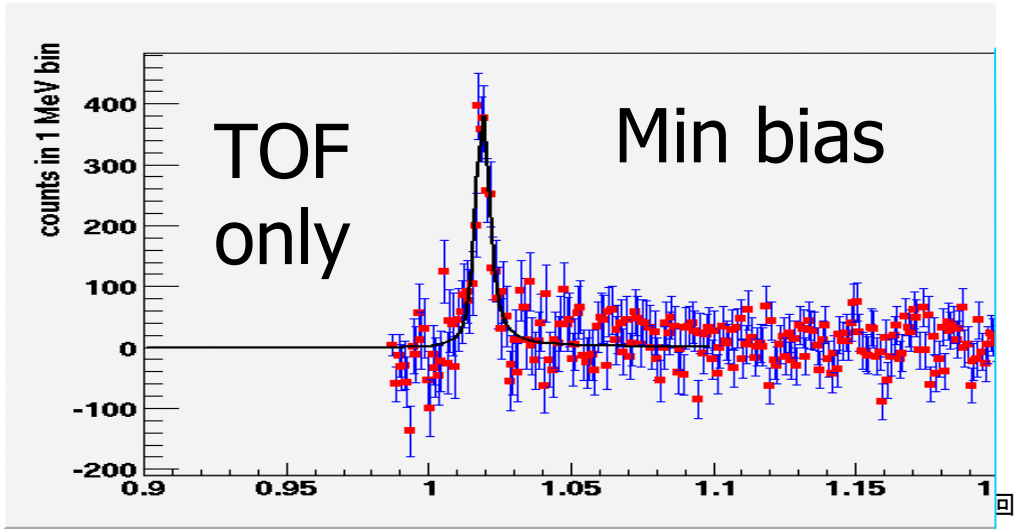




- Mass peak and width agree within errors of PDG values

Au-Au ϕ to KK





- study the mass and width as a function of centrality
  - Fit to Relativistic Breit Wigner convoluted with a Gaussian experimental resolution
    - σ=1.2 MeV from MC